ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

Année 1935-1936 — N° 33

# CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ALIMENTATION MINÉRALE DU PORC

# INFLUENCE DE LA VITAMINE D

## THÈSE

POUR

## LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

*Soutenue publiquement en Novembre 1936*

DEVANT LA

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE TOULOUSE

PAR

**Pierre HULIN**

Né le 15 Avril 1909, à Neuville-du-Poitou (Vienne)

JURY
- *Président :* M. MOOG, Professeur à la Faculté de Médecine.
- *Assesseurs :* M. DARRASPEN, Professeur à l'EcoleNationale Vétérinaire.
- *Assesseurs :* M. CHELLE, Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire.

NIORT

IMPRIMERIE SAINT-DENIS

11, AVENUE SAINT-JEAN D'ANGÉLY

—

1936

# CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
# DE L'ALIMENTATION MINÉRALE
# DU PORC

# INFLUENCE DE LA VITAMINE D

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

# ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

## PERSONNEL ENSEIGNANT

| | MM. |
|---|---|
| DIRECTEUR | CUILLÉ. |
| PROFESSEURS HONORAIRES | LECLAINCHE. GIRARD. |

### PROFESSEURS

| | MM. |
|---|---|
| I. — Physique et chimie médicale. Pharmacie | HERVIEUX. |
| II. — Anatomie descriptive et appliquée. Tératologie | PETIT. |
| III. — Physiologie. Thérapeutique générale | N... |
| IV. — Hygiène. Botanique. Agronomie | CHELLE. |
| V. — Histologie. Anatomie Pathologique. Inspection des viandes | LOMBARD. |
| VI. — Parasitologie et maladies parasitaires. Dermatologie | MARTIN. |
| VII. — Pathologie et clinique médicales. Législation vétérinaire | DARRASPEN. |
| VIII. — Pathologie et clinique chirurgicales | LASSERRE. |
| IX. — Pathologie et clinique du bétail et aviaire. Obstétrique | CUILLÉ. |
| X. — Pathologie générale. Microbiologie et maladies microbiennes. Police Sanitaire | DAILLE. |
| XI. — Zootechnie. Economie rurale | PONS. |

### PROFESSEURS AGRÉGÉS

| | |
|---|---|
| Physiologie. Thérapeutique générale | PIERRE. |

### COURS COMPLÉMENTAIRES

| | |
|---|---|
| Apiculture et maladies des abeilles | N... |
| Pisciculture et maladies des poissons | M. le Dr JAMES. |

### CHEFS DE TRAVAUX

| | MM. |
|---|---|
| Parasitologie et maladies parasitaires. Dermatologie | BRIZARD. |
| Zootechnie, économie rurale | LADRAT. |
| Pathologie et clinique médicales, législation vétérinaire | FLORIO. |

*La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats* (Délibérations de la Faculté en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924).

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

Année 1935-1936 — N° 33

# CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ALIMENTATION MINÉRALE DU PORC

# INFLUENCE DE LA VITAMINE D

## THÈSE

POUR

## LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

*Soutenue publiquement en Novembre 1936*

DEVANT LA

**FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE TOULOUSE**

PAR

**Pierre HULIN**

Né le 15 Avril 1909, à Neuville-du-Poitou (Vienne)

JURY
- *Président :* M. MOOG, Professeur à la Faculté de Médecine.
- *Assesseurs :* M. DARRASPEN, Professeur à l'EcoleNationale Vétérinaire.
- *Assesseurs :* M. CHELLE, Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire.

NIORT

IMPRIMERIE SAINT-DENIS

11, AVENUE SAINT-JEAN D'ANGÉLY

1936

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE,

qui, après tous les sacrifices qu'il s'est imposés, n'aura pas eu la satisfaction de me voir terminer mes études.

A MA MÈRE,

faible témoignage de mon amour filial et de mon immense gratitude.

A MON JURY DE THÈSE,

MONSIEUR LE PROFESSEUR MOOG,

DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE TOULOUSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR DARRASPEN

MONSIEUR LE PROFESSEUR CHELLE

A TOUS MES MAITRES

DE L'ECOLE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

# INTRODUCTION

« *Le développement hâtif, qui a de si heu-*
« *reuses conséquences sur le rendement écono-*
« *mique, repose en partie sur la pratique d'une*
« *alimentation rationnelle.* »

Professeur DECHAMBRE.

Il devient de plus en plus nécessaire pour les éleveurs de fournir à leurs animaux des aliments choisis et préparés dans les meilleures conditions, mais surtout d'établir des rations complètes en utilisant les principes nutritifs scientifiquement associés pour assurer le métabolisme des espèces alimentaires.

Il s'agit ici de l'élevage industriel dont le but économique est un rendement maximum avec une consommation minima de produits de choix.

Mais le souci de donner une alimentation rationnelle devient plus impérieux chez le porc que dans tout autre espèce ; elle est plus difficile à réaliser « en raison de la longue étape qu'il doit parcourir et du rythme accéléré de sa formation ».

Le docteur vétérinaire Belle, dans sa thèse *Recherches sur la croissance des mammifères*, montre que le rapport $\frac{\text{poids du nouveau-né}}{\text{poids de l'adulte}}$, qui permet d'apprécier l'étape que le jeune doit franchir de sa naissance, jusqu'à son com-

plet développement, est de 1/107 pour le porc, alors qu'il est de 1/52 pour le chien, de 1/41 pour le lapin, seulement de 1/15 pour les bovins et de 1/11 pour le mouton. Nous voyons par ces chiffres que, pour parvenir à l'état adulte, le porc devra augmenter son poids de 107 fois.

L'effort considérable pour assurer la formation du sujet est encore augmenté par la croissance extrêmement rapide de l'animal si l'on songe que, d'après les statistiques du même auteur, le poids de naissance est doublé en 8 jours, quintuplé et même quelquefois sextuplé en 30 jours.

Pour soutenir un tel effort, il faut de toute nécessité, chez le porc plus que chez toute autre espèce domestique, une utilisation optimum de l'apport alimentaire et en particulier de l'apport minéral dans lequel le phosphore et le calcium jouent un rôle de premier plan.

Après un rapide aperçu sur le rôle du phosphore et du calcium dans l'organisme animal, nous étudierons les conditions d'une alimentation rationnelle et nous chercherons enfin s'il n'est pas possible, par l'administration de vitamine D ou d'huile de foie de morue d'agir sur la croissance du porcelet d'élevage.

# I

## LE PHOSPHORE ET LE CALCIUM
## LEUR ROLE DANS L'ORGANISME

Le besoin de matières minérales alimentaires a été longtemps méconnu en raison de la faible quantité de ces matières dans l'organisme.

Boussingault, en 1846, dans son travail « Sur le développement de la substance minérale dans le système osseux du porc », attire l'attention sur les grandes quantités de phosphates de chaux fixées par les individus en voie de croissance.

A la même époque, quelques auteurs ont insisté sur l'importance des principes minéraux dans la nutrition des animaux.

Il faut signaler les recherches de N. Lunin, en 1880, qui montre pour la première fois l'un des rôles les plus importants des sels minéraux alimentaires : celui d'assurer l'équilibre normal $\frac{\text{acides}}{\text{bases}}$ des humeurs de l'organisme.

On voit apparaître dans les expériences de l'auteur les nécessités d'une balance entre les aliments générateurs d'alcalis et ceux produisant des acides.

Depuis cette époque, de nombreux travaux ont démontré le rôle primordial joué par les minéraux dans l'orga-

nisme : ce sont des constituants indispensables et des éléments de réparation et d'activité cellulaires.

L'analyse chimique montre, en effet, que les organismes animaux renferment dans leurs tissus une proportion importante de calcium et de phosphore : ils représentent à eux seuls environ les 4/5 des cendres de l'organisme.

Le phosphore existe en abondance dans le squelette, les muscles, les glandes, le cerveau, la moelle épinière, les nerfs, le sang, le lait. Il se présente sous des formes minérales : phosphate de calcium et de magnésium, dans le tissu osseux, phosphate de potasse, dans les muscles et phosphates du sang, et sous des formes organiques: phosphatides (lécithines), phosphoprotéines (caséine) et nucléo-protéines des noyaux cellulaires.

Le calcium est l'élément minéral prédominant. C'est le métal par excellence du tissu osseux (99 % du calcium total) et il n'existe qu'en très petite quantité dans les divers organes. On le trouve sous forme de sels de chaux insolubles dans les os : phosphate, carbonate, fluorure et de sels de chaux solubles du sang et des humeurs. On connaît mal ses formes organiques, qui existent à des taux relativement importants dans les cellules nerveuses.

La quantité de calcium et de phosphore, bien que très faible, n'en joue pas moins un rôle capital dans l'économie (équilibre des humeurs).

### *Rôle du phosphore et du calcium*

1° Rôle plastique. — Le phosphore et le calcium sont les éléments de base de la minéralisation osseuse. Ils donnent au squelette sa forme et sa structure.

2° Rôle catalytique. — Ils existent dans toutes les cellules vivantes et sont indispensables à leur vie (maintien de la pression osmotique et de la concentration moléculaire des humeurs des cellules, constance de la réaction du milieu intérieur).

Nous n'insisterons pas à propos du calcium, sur son rôle diastasique, respiratoire, cardiotonique et musculaire et son action diurétique. Il a sur le développement embryonnaire, aussi bien sur certains développements tissulaires, un rôle très actif : selon Martin, il aurait même une propriété neutralisante vis-à-vis des déchets toxiques et augmenterait, d'après Hamburger, le pouvoir phagocytaire des globules blancs.

Malgré la quantité minime de phosphore et de calcium que renferme l'organisme, ces éléments jouent un rôle important, notamment dans la nutrition et leur présence est nécessaire dans une alimentation rationnelle, et plus particulièrement dans l'alimentation des animaux en croissance.

## II

## LES BASES DE L'ALIMENTATION PHOSPHO-CALCIQUE DU PORC EN CROISSANCE

### 1° L'apport alimentaire

*Les besoins en Ca et en P des porcelets en croissance*

Durant la croissance, l'organisme animal a besoin d'éléments minéraux, particulièrement de Ca et de P.

Il a été possible de déterminer expérimentalement les besoins du porc en croissance. Marxer indique pour le porc de 1 à 8 mois 2,8 gr. de Ca par jour. Armsby, à l'aide des documents recueillis par Lawes et Gilbert, trouve chez le porc pendant les six premiers mois de la vie une rétention quotidienne de 2,11 gr. de Ca et 1 gr. 27 de P. D'autre part, les expériences de Soxlhet chez le veau indiquent une assimilation de 97 % du Ca et 72 % du P. Il suffira donc de donner quotidiennement au porc en croissance une quantité de Ca et de P légèrement supérieure à celle qu'il est capable d'emmagasiner, soit 3 gr. de Ca et 2 gr. de P.

*La teneur des aliments en Ca et P.*

Les aliments sont très irrégulièrement pourvus de matières minérales qui risquent de se trouver en propor-

tions insuffisantes dans la nourriture des animaux « à qui nous avons enlevé, dit Simonet, la liberté de s'alimenter eux-mêmes ».

Les aliments utilisés le plus couramment dans l'élevage porcin sont des aliments concentrés (graines de céréales, farines, tourteaux) riches en phosphore, mais pauvres en calcium. Les pommes de terre employées dans certaines exploitations comme nourriture principale renferment peu de phosphore et très peu de chaux, par contre, l'herbe de légumineuse est riche en calcium.

*Teneur en phosphore et en calcium de quelques aliments*

| | P | Ca |
|---|---|---|
| Pommes de terre | 0,58 | 0,56 |
| Betteraves | 0,39 | 0,29 |
| Navets | 0,46 | 0,64 |
| Choux | 0,29 | 0,45 |
| Blé (en grains) | 4,23 | 0,44 |
| Farine de blé entière | 2,38 | 0,31 |
| — — blanche | 0,92 | 0,20 |
| Son | 12,15 | 1,20 |
| Orge en grains | 4,00 | 0,43 |
| Maïs en grains | 2,83 | 0,20 |
| Farine d'avoine | 3,92 | 0,60 |
| Seigle en grains | 3,85 | 0,55 |
| Foin de trèfle | 0,16 | 1,06 |
| — de luzerne | 0,26 | 0,98 |
| Tourteaux (moyenne) | 3,20 | 5,80 (1) |

(D'après Mme Randoin et Simonet).

(1) La composition des tourteaux est très variable et le plus souvent ils sont pauvres en Ca.

*Les formes assimilables du calcium et du phosphore*

Sous quelles formes est-il préférable d'administrer le phosphore et le calcium ? Les animaux utilisent-ils le Ca et le P minéral ? Si oui, l'utilisent-ils aussi bien que le P et le Ca organique ?

La question présente un grand intérêt tant théorique que pratique. Dans l'affirmative, il sera possible, en effet, de supplémenter à peu de frais une ration déficiente en l'un ou l'autre de ces éléments par l'administration de préparations minérales peu coûteuses.

En 1909, Hart, Mac Collum et Fuller ont montré que les phosphates aussi bien que les composés organiques phosphorés peuvent satisfaire aux besoins du porc en voie de croissance.

Pour d'autres auteurs (Marcuse, Zadik, Steinitz, Röhmann) les matières protéiques phosphorées permettent une meilleure fixation du phosphore que les matières protéiques non phosphorées additionnées de phosphates minéraux.

Les expériences d'Osborne et Mendel, de Mac Collum et Davis montrent que l'organisme animal peut s'entretenir ou se développer pendant de longues périodes avec des quantités de phosphore organique très faibles. L'utilisation du phosphore minéral par l'organisme est, à l'heure actuelle, unanimement admise.

La question de savoir si les composés organiques ont ou n'ont pas une valeur nutritive supérieure à celle des phosphates minéraux ordinaires n'a pas été tranchée et des expériences quantitatives précises seraient d'ailleurs très difficiles à réaliser (Simonet).

Il en est de même pour les composés du calcium. De

tout temps, la chaux a occupé une place prépondérante dans la thérapeutique reminéralisante, employée le plus fréquemment sous forme de phosphates de chaux monocalcique, bicalcique et surtout tricalcique que l'on utilisait en nature.

On a cru pendant longtemps que les sels calciques insolubles, tels les phosphates tricalciques, n'étaient pas absorbés et seuls les sels solubles étaient assimilés, d'où l'emploi de chlorures, lactates de chaux, etc...

En réalité, les sels insolubles sont transformés par l'acide chlorhydrique gastrique en sels solubles (phosphates monobasiques), qui sont absorbés au niveau de l'intestin grêle.

Le Ca minéral est-il aussi bien utilisé que le Ca organique ? Certains faits semblent indiquer que non, mais il est possible que les différences observées tiennent non pas à l'état minéral ou organique, mais plutôt à leur état physique.

Des chèvres en lactation fixaient davantage le calcium donné sous forme d'herbes fraîches que sous forme d'herbes séchées. Cela tiendrait à ce que, dans les premières, les composés calciques seraient sous une forme colloïdale (Hart, Winter et Müller). Hart a montré, en effet, que le phosphate bicalcique se fixait beaucoup plus facilement et en quantité appréciable sur des chèvres en lactation lorsqu'il était préalablement précipité sous forme très ténue d'empois d'amidon.

### 2° La fixation

La fixation du Ca et du P est conditionnée par des facteurs multiples.

a) *Les équilibres alimentaires.* — Il ne suffit pas de donner aux animaux du calcium et du phosphore, il faut encore, pour que l'utilisation se fasse, que ces deux éléments soient entre eux dans un rapport convenable.

La notion d'équilibre phospho-calcique est de connaissance relativement récente. Déjà, en 1873, Weiske avait montré que l'addition à une ration équilibrée soit de P, soit de Ca, amène une élimination supplémentaire de Ca. Hart et Steenbock, en 1913, sur des vaches et des chèvres, avaient bien mis en évidence que ce n'est pas tant la quantité totale de Ca ingérée qui importe, mais bien un équilibre convenable entre le P et le Ca de la nourriture.

Mais ce sont surtout les travaux de Pappenheimer et de ses collaborateurs, et en particulier Hess et Mac Caun (1921), qui ont définitivement établi la nécessité d'un rapport convenable $\frac{Ca}{P}$. Les Américains estiment que ce rapport doit être égal à $\frac{3}{2}$. Il pourrait, d'après Simonet, s'abaisser jusqu'au voisinage de l'unité.

C'est à un déséquilibre phospho-calcique que sont dues beaucoup d'affections osseuses de nos animaux domestiques. Liénaux, Huynen ont montré que l'usage prolongé du son, dont le rapport $\frac{\text{calcium}}{\text{acide phosphorique}}$ est de 0,06, déclanche l'ostéoporose.

En Afrique du Sud, Theiler signale que les bœufs, qui consomment une herbe dépourvue de phosphore, présentent rapidement des accidents osseux qu'aggravent l'administration de Ca, alors que les lésions sont guéries par l'ingestion de poudre d'os dans laquelle le rapport $\frac{Ca}{P}$

est optimum (1,32 à 1,62). C'est cet équilibre qui est réalisé également dans le lait de la femme et des animaux (chèvre $\frac{1,28}{1,03} = 1,24$, vache $\frac{1,20}{0,98} = 1,22$).

La proportion étant beaucoup plus importante que l'apport quantitatif, on comprend toute l'importance qu'il faut attacher non seulement à l'insuffisance d'apport phospho-calcique surtout à l'absence d'équilibre, qui est, chez le porc, la principale cause des troubles de la nutrition.

A la notion de rapport et d'équilibre de l'apport phospho-calcique, il faut ajouter celle de rapport et d'équilibre acido-basique des aliments. La fixation du Ca et du P n'est possible que si le rapport $\frac{\text{acides}}{\text{bases}}$ alimentaire est égal ou au voisinage de l'unité.

Les acides apportés par l'alimentation peuvent préexister dans les aliments eux-mêmes, ou se former dans l'organisme au cours des fermentations du tube digestif ou du catabolisme des matières protéiques. Ils sont minéraux ou organiques.

Les principaux acides minéraux sont l'acide phosphorique contenu en excès dans le son et l'acide silicique que l'on trouve dans les graminées.

Les acides organiques sont très abondants dans certains aliments végétaux : acide lactique et acide butyrique dans les aliments ensilés, acide malique, acide citrique, acide oxalique. La plupart d'entre eux ne jouent qu'un rôle secondaire, car ils sont oxydés dans l'organisme. Quelques-uns, cependant, ne sont pas attaqués, tel l'acide oxalique, et peuvent, par leur présence, troubler l'assimilation du Ca et du P.

Dans les fermentations du tube digestif, il y a production d'acide butyrique et surtout d'acide lactique. Dans les troubles digestifs (catarrhes gastrique et intestinal), l'acide lactique est formé en abondance aux dépens du lait et des hydrates de carbone. Mais ces acides sont détruits par l'organisme et ne paraissent pas agir sensiblement sur l'utilisation du Ca et du P.

La désintégration des matières protéiques amène la production d'un certain nombre d'acides minéraux : acide phosphorique, acide sulfurique provenant de l'oxydation du phosphore et du soufre de la molécule — 1 kilog de matières protéiques peut, d'après Simonet, donner 30 grammes d'acide sulfurique —. Ces acides, formés dans l'organisme, agissent au même titre que les éléments acides qui existent préformés dans les aliments.

« Le régime intensif constitué de graines, farines, tourteaux pauvres en chaux, riches en acide phosphorique et silicique, possédant une forte teneur de matières albuminoïdes dont le soufre, crée-t-il, lui aussi, une menace de rachitisme et d'ostéomalacie, si on n'y ajoute des herbes riches en chaux. » (Liénaux et Huynen).

D'autres équilibres sont également nécessaires et en particulier, un rapport convenable du potassium ou sodium. Zuntz signale l'apparition du rachitisme ou de l'ostéomalacie sur des animaux recevant une nourriture très riche en Na et dans laquelle le rapport $\frac{Na}{K} = 21{,}64$. Dans les conditions normales, ce rapport doit varier entre 3,6 et 4,25.

b) *Lumière solaire. Rayons ultra-violets et vitamine D.*

— Il faut attribuer à la lumière solaire, aux rayons ultra-violets et à la vitamine D le plus grand rôle dans la fixation calcique.

Depuis longtemps, et bien avant que les notions concernant le rachitisme fussent rapportées à des troubles du métabolisme phospho-calcique, on savait que l'héliothérapie naturelle avait d'heureux effets contre le rachitisme (Rollier, 1914). Les travaux de Hess et de ses collaborateurs établirent l'influence des rayons solaires sur le métabolisme du calcium. Ils constatèrent que la teneur en phosphore du sérum sanguin qui est diminuée chez les rachitiques, remonte rapidement à la normale. Par le contrôle expérimental, ils démontrèrent que l'action de la lumière solaire empêchait le développement du rachitisme. L'héliothérapie équivaut à doubler le phosphore et le calcium de la ration (Hess).

L'interposition d'une plaque de verre entre le soleil et l'animal fait perdre aux rayons leur efficacité (Hess, Unger et Pappenheimer) ; on fut alors conduit à attribuer l'activité des radiations lumineuses aux rayons ultra-violets. Ces radiations ultra-violettes activantes seraient plus spécialement comprises parmi les radiations à courtes longueurs d'ondes (entre 285 et 300 μμ). On sait aujourd'hui que les stérols contenus dans le sang sont activés par ces radiations au niveau de la peau, et que c'est à ces stérols irradiés que sont dûs les bons effets des ultra-violets.

Les travaux de Powers, Park, Mac Collum, Hess et Unger établirent que des résultats analogues sont obtenus à l'aide des U. V. produits par les lampes de quartz à

vapeur de mercure, ou les lampes à arc de carbone ; Hart et Steenbock ont pu, les premiers, sur des chèvres en lactation, soumises quotidiennement à l'irradiation ultra-violette, transformer un bilan calcique négatif en un bilan positif. De nombreuses études expérimentales démontrèrent la valeur de ce rayonnement qui guérissait le rachitisme expérimental du rat (Mouriquand, Leulier, Lesné, Vagliano, etc...).

L'huile de foie de morue dont l'influence sur la calcification était déjà connue de Trousseau contient la vitamine D antirachitique en quantités variables suivant sa provenance, ce qui explique les résultats parfois imparfaits obtenus autrefois par son utilisation contre le rachitisme.

Après la découverte de l'action de la lumière solaire, des rayons ultra-violets, puis des aliments irradiés, on fut conduit à la réalisation de l'ergostérol irradié et enfin de la vitamine D cristallisée qui permet l'emploi d'un médicament scientifiquement défini.

Cette vitamine D dite anti-rachitique est actuellement reconnue *comme indispensable à la fixation des sels de calcium par le squelette.* Sa carence se traduit par des troubles du métabolisme phospho-calcique et conduit en particulier aux dystrophies osseuses dont les plus fréquentes sont, chez les jeunes, les dystrophies par défaut de calcification primitive, déterminant le rachitisme et chez les adultes, les dystrophies par décalcification entraînant l'ostéoporose et l'ostéomalacie.

Les nombreux travaux de Marfan, Lesné, Mouriquand, Nobécourt, Delille, chez l'homme, Auger, Marxer, Moine, chez les animaux, ont montré l'efficacité de l'ergostérol irradié, par son action sur la mobilisation et la fixation

du Ca, dans le traitement du rachitisme expérimental et clinique (rachitisme vrai du porc et du chien et ostéitisme du poulain) et des décalcifications du squelette (ostéomalacie du cheval, cachexie osseuse et ostéoclasie du bœuf).

Dans la tuberculose humaine, on a utilisé le pouvoir calcifiant de la vitamine D pour accélérer le processus de calcification des lésions pulmonaires, car : « il est de « notion courante que les accidents tuberculeux pulmo- « naires, ou du moins, certaines formes de ces accidents, « offrent, lorsqu'ils sont en voie de guérison, une tendance « marquée à la calcification spontanée » (Levaditi et Li Yuan Po) ; et d'autre part : « l'augmentation du calcium « sanguin et la diminution de son élimination par les « urines, qui se produisent sous l'influence du facteur D « arrêtent la déminéralisation qui est une des caractéris- « tiques de la tuberculose » (A. Thiroux).

On a reproché à cette méthode thérapeutique de présenter des dangers par la formation de dépôts calcaires, notamment dans le système artériel. Levaditi et Li Yuan Po, ont démontré que ces dépôts ne se formaient en tissus sains qu'avec des doses massives d'ergostérol, supérieures à celles que l'on emploie en thérapeutique.

Cette action calcifiante a été mise à profit dans le traitement des fractures à consolidation retardée. Marcenac, à la clinique de l'Ecole de Cavalerie de Saumur, a utilisé cette action favorable dans la formation du cal normal et il estime dans ses observations, contrôlées par l'examen radiographique, avoir gagné un et même deux mois sur la consolidation du cal.

Comment intervient le facteur D dans la mobilisation et la fixation du Ca ?

Dans le rachitisme, les feces renferment une quantité de phosphate de chaux supérieure à la normale : Bauer et Marble ont montré que l'absorption du Ca par l'intestin était augmentée par administration du facteur D et que la quantité de phosphate de chaux était diminuée dans les matières fécales. Par cette absorption meilleure, la teneur du sang en phosphate de chaux devient normale, sans doute, mais nous avons vu que, parfois, dans le rachitisme, il n'y a pas modification de la teneur en phosphate de chaux, aussi faut-il faire intervenir l'action catalytique de la vitamine D. « D'autre part, le fait de la « diminution du calcium du sang de certains enfants au « moment de l'augmentation de sa fixation sur les os par « une irradiation plus longue au printemps qu'en hiver, « diminution qui est responsable des convulsions qu'on « observe surtout à cette époque de l'année, indique bien « que l'absorption du calcium au niveau de l'intestin et « sa fixation sur les os, quoique toutes les deux sous l'in- « fluence de la vitamine D constituent deux opérations « distinctes » (A. Thiroux).

En somme, après avoir examiné les différents éléments qui favorisent ou perturbent le métabolisme phospho-calcique, nous pouvons en résumer ainsi le mécanisme : un minimum d'apport des éléments minéraux, calcium et phosphore, étant assuré dans des proportions convenables, les conditions d'absorption et d'assimilation des éléments minéralisants étant favorables, l'utilisation du calcium par l'organisme sera assuré par l'action de la vitamine D.

## III

# INFLUENCE DE LA VITAMINE D SUR LA CROISSANCE DU PORC DANS LES CONDITIONS DE L'ÉLEVAGE

## A. — LA VITAMINE D — SES SOURCES

La transformation des stérols de l'organisme au niveau de la peau, par les rayons solaires, assurerait à l'homme et aux animaux la quantité de vitamine D nécessaire au métabolisme phospho-calcique.

Mais l'action des rayons solaires ne peut être utilisée que pendant l'été dans les pays tempérés. Chick, Dolyell et Hume ont pu démontrer à Vienne que, pendant l'hiver, on ne peut guérir les enfants du rachitisme en les mettant au grand air.

De plus, l'action solaire est irrégulière, l'abondance des radiations ultra-violettes de faible longueur variant selon les heures de la journée, la latitude et l'altitude ; ces radiations sont aussi, facilement absorbées par les brouillards et les fumées des villes. Chez la plupart de nos animaux domestiques, la fourrure forme un écran diminuant plus ou moins l'action de la lumière solaire. Cependant chez le porc l'absence ordinaire de pigment

et un revêtement pileux très peu fourni, facilitent particulièrement l'action des U. V. sur la peau et par conséquent la transformation sur place des stérols en vitamine D. Le porcelet coureur possède une résistance bien connue, très utile pour son développement futur ; chez la truie reproductrice, la fixation calcique est largement assurée par ce régime de plein air et lui procure, d'après les travaux de Givens, Mendel et Marcel Labbé, « un lait « particulièrement riche en calcium sous sa forme la « plus assimilable et la plus favorable à la formation « des tissus ».

Malheureusement, les conditions les plus fréquentes de l'exploitation soustraient les porcins à la bienfaisante influence de la lumière solaire !

Pourtant, l'application des rayons ultra-violets par les lampes à vapeur de mercure ou les lampes à arc pourrait suppléer au manque de soleil ; employée en médecine humaine, l'utilisation de ces radiations n'est possible que dans les grandes villes et encore n'est-elle pas accessible à toutes les conditions sociales, car elle est très onéreuse. En médecine vétérinaire, les éleveurs américains ont utilisé les U. V. en aviculture. En France, le coût fort élevé d'installations analogues a fait ajourner leur emploi.

On pourrait également utiliser la vitamine D emmagasinée dans les aliments par l'irradiation naturelle qui favorise sa production dans les parties vertes des plantes. La luzerne fraîche, les carottes, le maïs jaune, les épinards en renferment une certaine quantité, mais la teneur en facteur D, fonction des conditions d'activation solaire, est très variable. L'herbe d'été a un pouvoir antirachitique très supérieur à celui de l'herbe d'hiver (Mel-

lamby et Killick) ; Chick et Roscoe ont fait des observations analogues pour les épinards. Si les foins de trèfle et de luzerne exposés aux rayons solaires après la fenaison renferment des quantités appréciables de vitamine D la conservation à l'obscurité leur fait perdre cette propriété. Il en est de même pour les autres végétaux : « Les « légumes mangés aussitôt après la récolte ont un pou- « voir nutritif supérieur aux légumes achetés sur les « marchés » (A. Thiroux).

E. M. Hume, en 1922, a montré que par irradiation on pouvait conférer des propriétés antirachitiques à certains aliments. Hess et Weinstock, Chick et Roscoe montrèrent que les épinards irradiés par les rayons ultra-violets possédaient une activité plus grande que des épinards poussés au soleil pendant l'été. On irradia les substances les plus diverses dont certaines dépourvues auparavant d'efficacité dans le traitement du rachitisme expérimental. On s'aperçut vite que l'irradiation ne devait être envisagée que pour les substances contenant des matières grasses et des stérols activables. Les farines qui, non seulement sont complètement dépourvues de facteur D, mais peuvent favoriser le rachitisme et même le produire (Holst et Mellamby), auraient pu ainsi perdre leur nocivité et acquérir des propriétés antirachitiques. Cependant, d'après Dufestel et Texier, Tisdall et Brown, leur nature se prête mal à l'irradiation et elles n'acquièrent jamais un grand pouvoir thérapeutique.

Les huiles extraites de graines oléagineuses (arachide, coco, olive) ne sont activables qu'à faible concentration, d'où la nécessité d'en utiliser les doses élevées pouvant entraîner une intolérance digestive. Le lait s'irradie bien; le lait frais soumis aux U. V. paraît plus actif que le lait

pasteurisé et le lait desséché soumis au même traitement.

Les Allemands et les Américains ont préconisé l'emploi de ces produits irradiés, mais l'irradiation peut donner à ces aliments un goût et une odeur de rance et provoquer quelquefois la formation de substances toxiques. On obtiendrait aujourd'hui par des procédés spéciaux, des produits exempts de toxicité et de mauvaise odeur. On utilise contre le rachitisme des farines chocolatées en France, des chocolats irradiés en Allemagne obtenus à partir du beurre de cacao qui contient de grandes quantités de provitamine D.

Les aliments irradiés ont le grave inconvénient d'avoir une activité variable, surtout ils échappent au contrôle biologique, par suite, ils ne peuvent être étalonnés et leur valeur thérapeutique est sujette à caution.

L'huile de foie de morue est la source de vitamine D la plus anciennement connue et l'on ne peut méconnaître sa valeur. Si on a confondu, au début, la vitamine D avec la vitamine A on a démontré ensuite qu'elle conservait, après destruction du facteur A par oxydation, ses propriétés antirachitiques.

L'accumulation du facteur D dans le foie des morues se fait aux dépens des algues, du plankton marin et des petits poissons dont les morues font leur nourriture ; la valeur de l'huile dépend de son origine et de sa fabrication. Les huiles de foie de morue de Terre-Neuve, d'Ecosse et d'Irlande sont les plus actives, celles de Norvège le sont beaucoup moins.

Très riche en facteur A, par contre, sa teneur en vitamine D est de l'ordre de 50 unités environ au centimètre cube. Cette faible teneur de l'huile de foie de morue en vitamine D a l'inconvénient d'imposer son absorption

en quantités assez fortes pour causer parfois des troubles digestifs. L'irradiation ne permet pas d'augmenter son activité et peut même détruire les vitamines existantes. Aujourd'hui, par des procédés spéciaux, certaines maisons livrent des préparations d'huile de foie de morue, dites « suractivées », dans lesquelles les unités antirachitiques sont renforcées et dont les doses moindres sont facilement digérées.

*
* *

Le véritable progrès dans l'ordre thérapeutique a été réalisé par le laboratoire, d'abord avec l'ergostérol irradié, ensuite avec la vitamine D cristallisée.

Voyons quelles sont les étapes successives, physico-chimiques et expérimentales, parcourues depuis les découvertes initiales de Stenbock, Hess, Weinstock, jalonnées ensuite par les noms français de Simonet, Fabre, Lesné, Randoin, Lecoq, qui ont conduit au calciférol et à la vitamine $D_2$ de Windhaus.

Le facteur antirachitique existait dans la partie insaponifiable des corps contenant un lipoïde de la série des stérols.

Le cholestérol des tissus animaux, le phytostérol des tissus végétaux étaient donc les corps susceptibles d'être transformés en substance active par l'irradiation. En réalité, ce n'était pas le cholestérol, mais une impureté liée à ce cholestérol qui donnait naissance au produit antirachitique. Cette substance, qui a les propriétés d'une provitamine, serait un déshydrocholestérol, non isomère du cholestérol. Ce corps caractérisé à l'analyse spectrographique par une bande obscure entre 2.700 et 3.000 se retrouvait dans le spectre d'absorption de l'ergostérol

découvert par Tanret dans l'ergot de seigle, en 1889, tandis qu'il faisait des recherches sur la composition de ce produit à une époque où il n'était pas encore question de vitamines.

L'ergostérine pouvait être extraite de l'ergot d'autres graminées (avoine, par exemple) qui en contient 4 à 6 fois plus que l'ergot de seigle. En pratique, on partait généralement de la levure de bière qui était considérée comme la source principale de stérol. On obtenait ainsi un produit qui, s'il ne représentait pas la vitamine D elle-même, réalisait son activité au meilleur état de pureté possible. C'était une vitostérine : l'ergostérol irradié.

Le contrôle de sa valeur pouvait être réalisé par l'analyse spectrographique, mais c'est surtout au critère biologique qu'on avait recours, car il suffisait de fournir une quantité suffisante d'ergostérol irradié aux animaux de laboratoire soumis à des régimes rachitigènes déterminés, pour apprécier la valeur antirachitique de celui-ci. Le contrôle radiologique basé sur les modifications du cartilage du genou des animaux d'expérience était également admis. C'est ainsi que les ergostérols irradiés étaient étalonnés en unités biologiques. C'est l'unité préconisée par Lesné, Clément et Simon, qui fut généralement adoptée : « La quantité quotidienne nécessaire et « suffisante pour protéger contre le rachitisme un jeune « rat blanc de poids et d'âge connus, mis au régime « rachitigène pendant trois semaines. » (L'unité clinique allemande valait 100 unités biologiques.)

Malheureusement, jusqu'ici, les expérimentateurs des divers pays ayant proposé des unités différentes, malgré les efforts tentés pour se rallier à une unité internationale, la posologie des divers produits commerciaux, de

valeur d'ailleurs très inégale, n'en était pas facilitée ; il régnait, de ce fait, une certaine confusion sur les unités physiologiques, biologiques, cliniques. Avec les ergostérols irradiés, l'utilisation de produits d'activité différente obligeait le médecin et le vétérinaire à établir sa posologie en la basant uniquement sur les indications du fabricant.

La possibilité de réaliser la vitamine D à l'état cristallisé devait remédier à cette confusion. Depuis la découverte simultanée du Calciférol par Askew et Bourdillon et de la vitamine $D_2$ par Windhaus, on détient un produit dont les constantes physiques sont définies et dont la formule globale est celle de l'ergostérol. Partant de ce produit, le titrage biologique n'est plus utile et l'unité biologique est remplacée par l'unité internationale. *L'activité de la vitamine D cristallisée est de 40 à 45 millions d'unités internationales au gramme.*

Bien qu'il ne soit pas démontré que les propriétés chimiques en vitamine D synthétiques et naturelles sont identiques (Frédérick Ender), il n'en reste pas moins que le produit pur qu'on détient actuellement réalise l'optimum de ce qu'on peut attendre d'un agent thérapeutique tant au point de vue de sa pureté qu'à celui du dosage (la vitamine D est une des rares vitamines pour lesquelles ce résultat soit acquis).

Ces progrès dans la réalisation de la vitamine D devaient permettre d'élargir les indications thérapeutiques de cette vitamine ; ils mettaient à l'abri notamment des accidents d'intoxication dont furent accusés les ergostérols irradiés, accidents qui, pour la plupart, étaient imputables aux conditions de l'irradiation qui, suivant son intensité, ou suivant les radiations utilisées, pouvait

élaborer une série de produits inactifs (lumistérols), ou même toxiques (tachystérols).

Pratiquement, la marge de toxicité d'un produit pur est considérable. Si la sensibilité à l'égard de la vitamine D est variable dans l'échelle animale (dans l'ordre décroissant, le chat étant le plus sensible, puis le lapin, la souris, le rat, le chien, le singe), on ne peut risquer des troubles par hypervitaminose qu'avec des doses de 500 à 5.000 fois plus grandes que les doses thérapeutiques et ces doses ne sont jamais à envisager, *même lorsqu'il s'agit d'utiliser des doses massives dans des buts thérapeutiques précis.*

La question de toxicité ne pouvait donc se poser dans les essais expérimentaux d'alimentation vitaminée que nous avons entrepris dans un élevage porcin et dont nous allons exposer maintenant le protocole et les résultats.

Quels bénéfices pouvait-on attendre de porcs d'engraissement en élevage sédentaire entre le 3e et le 6e mois d'une alimentation enrichie soit d'un apport de vitamine D synthétique, soit d'un apport de cette même vitamine associée à la vitamine A dans une huile de foie de morue titrée en vitamines ?

*
* *

## B. — EXPÉRIMENTATION

### 1° Conditions de l'expérimentation

L'élevage porcin (1), où nous avons poursuivi notre expérimentation, nous a semblé répondre à certaines conditions d'installations et de nourriture qui, susceptibles de retarder la croissance des porcs, pouvaient être corrigées par une médication vitaminique.

L'exploitation comprend deux bâtiments en brique de 33 mètres et 27 mètres de long, 8 mètres de large et 3 mètres de haut au faîte, qui servent de porcheries. Le plus grand est divisé en 22 cases, l'autre en 18. Les cases, de 3 mètres sur 3, sont réparties de chaque côté d'une allée centrale de 1 m. 50 de large pourvue de rails facilitant la distribution de la nourriture par wagonnet. Le fond de chaque case construit en brique est surélevé de 5 cm. pour permettre aux porcs de se vautrer le moins possible dans leurs excréments.

L'éclairage et l'aération sont donnés par des fenêtres et des chassis à tabatière. A chaque case correspond alternativement une fenêtre ou un châssis. Ces ouvertures, nettement insuffisantes, ne laissent pénétrer la lumière qu'avec parcimonie et privent ainsi les animaux des rayons bienfaisants du soleil dont l'utilité n'est plus à démontrer.

(1) C'est pour nous un agréable devoir de témoigner toute notre reconnaissance à M. le Docteur-Vétérinaire Maubaret, de Niort, qui a mis gracieusement cette exploitation à notre disposition et à notre camarade et ami, le Docteur-Vétérinaire Jean Saint-Martin, son collaborateur, dont l'aide nous a été si précieuse.

Un homme seul s'occupe de l'élevage où les manipulations diverses sont facilitées par l'aménagement de rails extérieurs avec plaques tournantes pour les transports du fumier, ou des aliments. L'écoulement des urines se fait parfaitement sur le sol cimenté et une fosse septique recueille le purin qui se collecte dans des canalisations souterraines.

*Les 300 porcs que peut contenir la porcherie sont achetés après le sevrage, à 20 kilos environ, et engraissés (100 à 120 kilos au moment de la vente).*

Par cette description sommaire, on peut voir que cette installation est destinée à favoriser une production industrielle qui a pour but de produire beaucoup avec le minimum de frais indispensables.

Ces porcs reçoivent une nourriture composée essentiellement d'orge finement pulvérisé et de sérum de lait.

Les porcs d'un poids de 20 à 50 kg. reçoivent 1,5 à 2,5 litres de sérum de lait et 0,80 à 1,5 kg. d'orge ; ceux d'un poids de 50 à 100 kg., 2,5 à 3 litres de sérum de lait et 1,5 à 2,5 kg. d'orge par animal.

D'après Simonet, on sait qu'une ration alimentaire doit fournir à l'organisme :

1° Des substances qui apportent l'énergie chimique potentielle qui sera libérée par combustion ; c'est l'élément énergétique dont le type est l'hydrate de carbone.

2° Des substances élémentaires fondamentales qui se classent en trois groupes :

*a*) Composés minéraux ;

*b*) — organiques définis : acides aminés ;

*c*) — — non définis : vitamines.

Elles nécessitent certains minima et certains rapports entre elles pour que l'action se fasse sentir au maximum.

Dans l'alimentation envisagée, l'orge apporte un élément énergétique de première valeur.

En ce qui concerne les acides aminés, l'orge ne contiendrait pas de lysine, amino-acide spécifique de la croissance (Osborne, Shermann) ; mais cette même lysine existe en quantité notable dans le lait et subsiste encore dans le sérum sous forme de lactalbumine. L'utilisation des matières protéiques du lait est grande et se fait sentir à doses minimes, aussi peut-on penser que les acides aminés sont suffisants dans la ration.

Il en va tout autrement pour les matières minérales et les vitamines. Nous avons vu que si l'orge apportait suffisamment de phosphore, le calcium était déficient. Le sérum de lait contient le calcium et le phosphore en petites quantités (0 gr. 96 de P et 1 gr. 23 pour le Ca par litre, d'après M^me^ Randoin et Simonet). *L'alimentation renferme assez de P et de Ca, mais le rapport* $\frac{Ca}{P}$ *varie de 0,4 à 0,5 : il est beaucoup trop faible.*

Pour les vitamines, dont l'importance fonctionnelle est essentielle, l'orge contient dans sa cuticule la vitamine B, il renferme aussi une petite quantité de vitamine lipo-soluble, contenue dans le germe et dans le son. Le sérum de lait est privé de la presque totalité de sa matière grasse qui a entraîné avec elle les facteurs liposolubles, seules les vitamines hydro-solubles B et C sont présentes.

La ration renferme donc une quantité suffisante de facteur B et C et une faible quantité de facteur A.

Dans cet élevage, où les porcs sont privés de la bien-

faisante influence de la lumière solaire et de vitamine D, il nous a semblé que l'actinothérapie indirecte réalisée par la vitamine D, « véritable lumière intégrée », suivant l'heureuse expression de Foveau de Courmelles, aurait les plus heureux effets en favorisant l'utilisation du minimum de matières minérales apportées par la ration alimentaire. La réalisation optima du métabolisme phospho-calcique devait dans notre esprit favoriser le développement et se traduire par une augmentation de poids plus grande chez les animaux traités que chez leurs congénères.

Nous avons employé, d'une part, une vitamine D cristallisée en suspension dans l'huile (1) ; d'autre part, une huile de foie de morue suractivée, naturellement riche en vitamine A et renforcée en facteur D (2).

Ce dernier produit a été utilisé dans le but de vérifier si, en dehors de l'action non négligeable d'un apport du facteur de croissance chez de jeunes sujets, il n'y aurait pas intérêt à bénéficier du synergisme d'action de ces deux vitamines, en vue de renforcer l'action du facteur D, certains auteurs ayant insisté sur l'accroissement d'activité à attendre de cette dernière vitamine, par la présence de la vitamine A.

### 2° Protocole de l'expérience

1. *Avec la vitamine D.* — Les expériences sont faites sur les porcs des cases 2, 21 et 22, comprenant respecti-

(1) *Rhodavita* (Produit Rhône-Poulenc) titré à 15.000 unités biologiques au c.c.

(2) *Huile de foie de morue suractivée.* Rhône-Poulenc, titrée à :

| | | |
|---|---|---|
| Vitamine A ..... | 2.000 | unités internationales |
| Vitamine D ..... | 500 | — — |

au c.c.

vement 8, 8 et 9 porcs Yorkshire, âgés de 3 à 4 mois, pesant de 20 à 30 kg. chacun. Chaque lot est formé d'animaux de même origine et de même âge. Dans chaque case, on marque la moitié des animaux (4 dans les cases 2 et 21, 5 dans la case 22).

Le 10 décembre, après une pesée on commence l'expérimentation. Les animaux marqués reçoivent avant le repas du matin 10 gouttes (15.000 unités environ) par porc, du produit vitaminé dans une émulsion de lait pour permettre une absorption complète et certaine du médicament.

Ils reçoivent, matin et soir, la même alimentation que leurs congénères.

La première phase du traitement dure jusqu'au 7 janvier ; à cette date, on supprime le produit vitaminé aux animaux marqués et on le fait prendre aux autres porcs des cases 2, 21 et 22. Cette deuxième phase dure jusqu'au 10 mars.

Au cours du traitement, des pesées sont faites, qui montrent les différentes étapes des animaux traités et des animaux non traités.

Les tableaux I, II et III montrent les dates des pesées, le nombre de porcs et leurs poids, le poids moyen, le gain en kilogrammes pendant la période s'écoulant entre les pesées et enfin le gain moyen en kilogrammes par porc et par jour, qui nous sert de base pour l'interprétation des résultats et nous a permis de les traduire sous forme de graphiques, aux pages 39, 41 et 43.

*Nota.* — Une période de grand froid a sévi au mois de janvier et a eu dans la porcherie, non chauffée et mal protégée contre la température extérieure, des répercus-

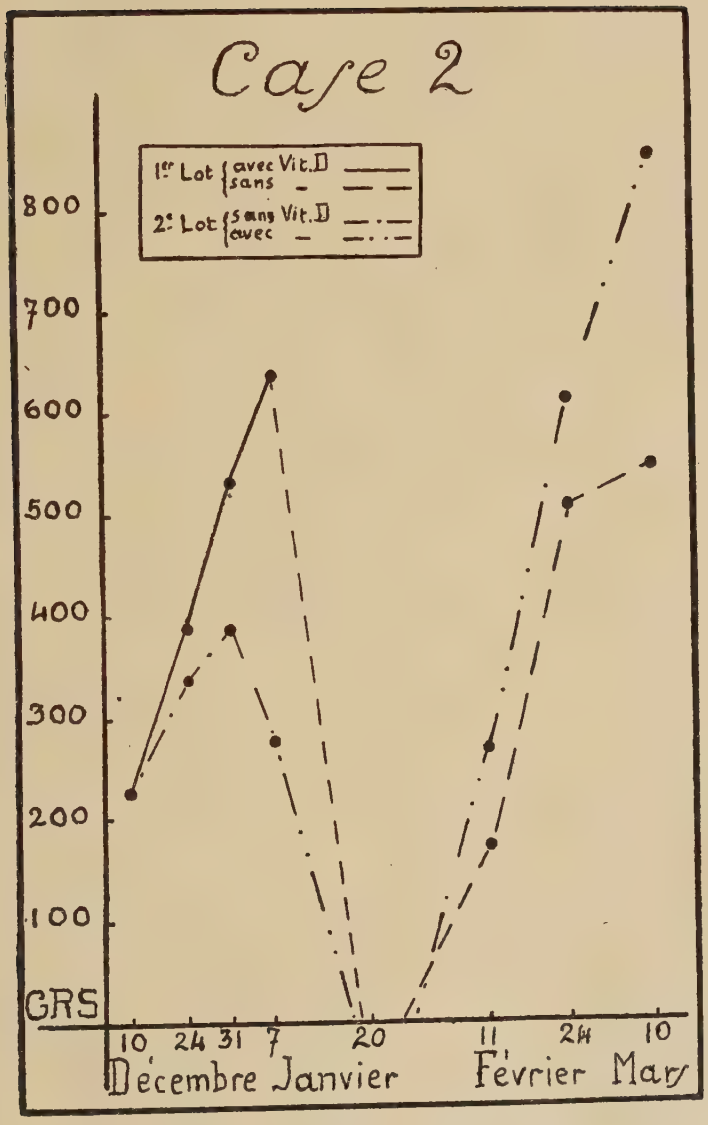
TABLEAU I. — *Case 2*

Au 8 Novembre, 8 porcs. Poids total : 170 kgs. Poids moyen : 21 kgs

| Dates des pesées | 1er Lot — Nombre de porcs | Poids total | Gain total | Poids moyen | Gain moy. par jour | 2e Lot — Nombre de porcs | Poids total | Gain total | Poids moyen | Gain moy. par jour |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | On donne vitamine D | | | | | Pas de vitamine D | | | | |
| 10 Déc. | 4 | 115 | — | 29,000 | 0,230 | 4 | 114 | — | 28,500 | 0,230 |
| 24 Déc. | 4 | 137 | 22,000 | 34,000 | 0,390 | 4 | 133 | 19,000 | 33,000 | 0,340 |
| 31 Déc. | 4 | 152 | 15,000 | 38,000 | 0,535 | 4 | 144 | 11,000 | 36,000 | 0,390 |
| 7 Janv. | 4 | 170 | 18,000 | 42,500 | 0,640 | 4 | 151 | 7,000 | 38,000 | 0,280 |
| 7 Janv. | On cesse vitamine D | | | | | On donne vitamine D | | | | |
| 20 Janv. | 3 (1) | 122 | — | 41,000 | — | 3(2) | 105 | — | 35,000 | — |
| 11 Fév. | 3 | 133 | 11,000 | 44,000 | 0,170 | 4 | 123 | 18,000 | 41,000 | 0,270 |
| 24 Fév. | 3 | 153 | 20,000 | 51,000 | 0,510 | 3 | 147 | 24,000 | 49,000 | 0,615 |
| 10 Mars | 3 | 176 | 23,000 | 59,000 | 0,550 | 4 | 183 | 36,000 | 61,000 | 0,860 |

(1) 1 mort le 16 Janvier.

(2) 1 mort le 9 Janvier.

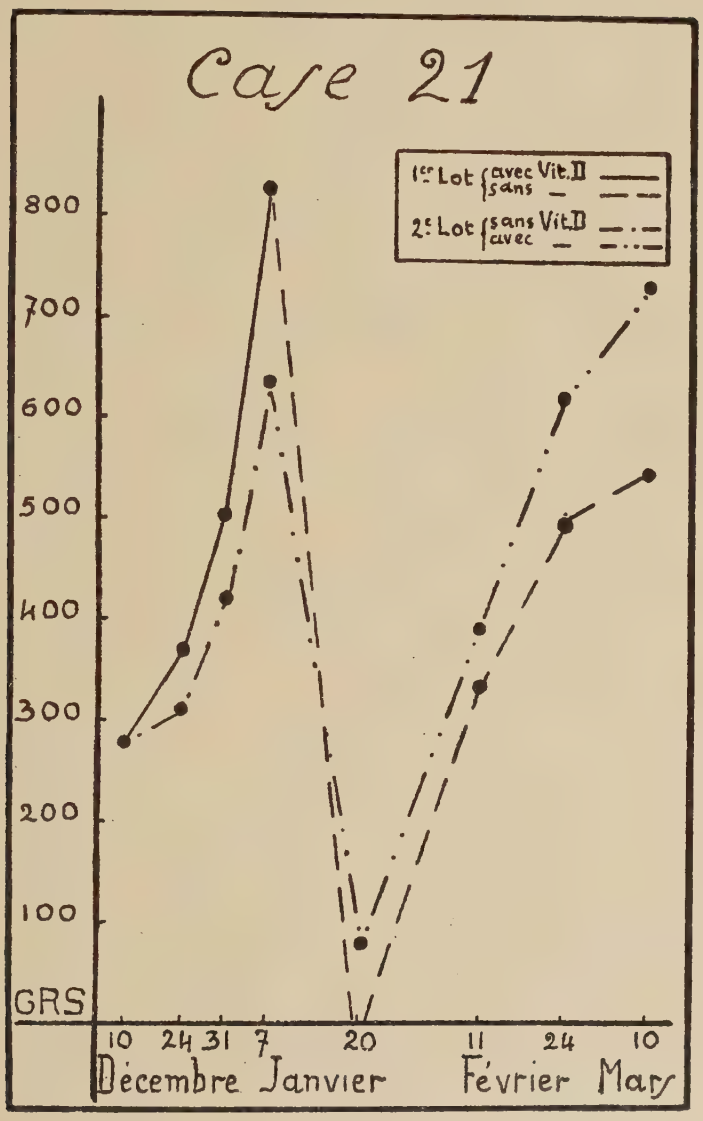



GRAPHIQUE 1. — Avec Vitamine D. *Case* 2

TABLEAU II. — *Case 21*

Au 6 Décembre, 8 porcs. Poids total : 185 kgs. Poids moyen : 23 kgs

| Date des pesées | 1er Lot — Nombre de porcs | Poids total | Gain total | Poids moyen | Gain moy. par jour | 2e Lot — Nombre de porcs | Poids total | Gain total | Poids moyen | Gain moy. par jour |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | On donne vitamine D | | | | | Pas de vitamine D | | | | |
| 10 Déc. | 4 | 96 | — | 24,000 | 0,280 | 4 | 98 | — | 24,000 | 0,280 |
| 24 Déc. | 4 | 116 | 20,000 | 29,000 | 0,360 | 4 | 116 | 18,000 | 29,000 | 0,320 |
| 31 Déc. | 4 | 130 | 14,000 | 32,500 | 0,500 | 4 | 128 | 12,000 | 32,000 | 0,430 |
| 7 Janv. | 4 | 153 | 23,000 | 38,000 | 0,820 | 4 | 146 | 18,000 | 36,500 | 0,640 |
| 7 Janv. | On cesse vitamine D | | | | | On donne vitamine D | | | | |
| 20 Janv. | 4 | 150 | — | 37,500 | — | 4 | 150 | 4,000 | 37,500 | 0,080 |
| 11 Fév. | 4 | 180 | 30,000 | 45,000 | 0,340 | 4 | 184 | 34,000 | 45,500 | 0,385 |
| 24 Fév. | 4 | 206 | 26,000 | 51,500 | 0,500 | 4 | 216 | 32,000 | 54,000 | 0,615 |
| 10 Mars | 4 | 237 | 31,000 | 59,000 | 0,550 | 4 | 257 | 41,000 | 64,000 | 0,730 |



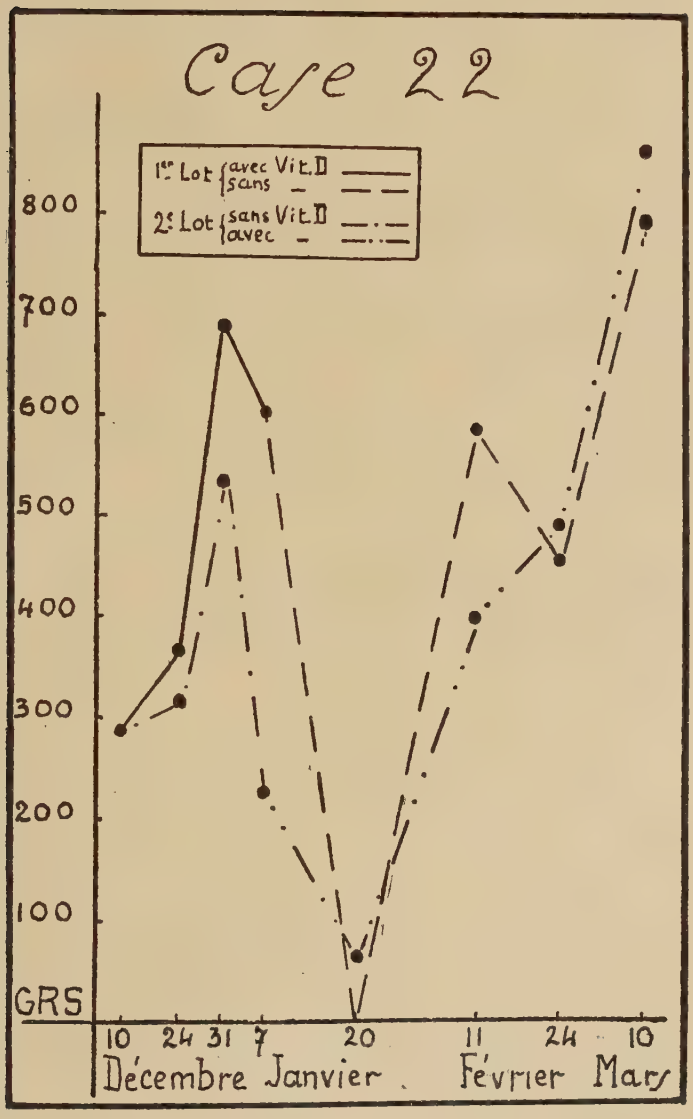

Graphique 2. — Avec Vitamine D. *Case* 21

TABLEAU III. — *Case 22*

Au 5 Décembre, 9 porcs. Poids total: 403 kgs. Poids moyen: 44 kgs. 500.

| | *1er Lot* | | | | | *2e Lot* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Date des pesées | Nombre de porcs | Poids total | Gain total | Poids moyen | Gain moy. par jour | Nombre de porcs | Poids total | Gain total | Poids moyen | Gain moy par jour |
| | On donne vitamine D | | | | | Pas de vitamine D | | | | |
| 10 Déc. | 5 | 231 | — | 46,000 | 0,300 | 4 | 180 | — | 45,000 | 0,300 |
| 24 Déc. | 5 | 257 | 26,000 | 51,000 | 0,370 | 4 | 198 | 18,000 | 49,500 | 0,320 |
| 31 Déc. | 5 | 281 | 24,000 | 56,000 | 0,685 | 4 | 217 | 19,000 | 54,000 | 0,540 |
| 7 Janv. | 5 | 302 | 21,000 | 60,000 | 0,600 | 4 | 225 | 8,000 | 56,000 | 0,230 |
| 7 Janv. | On cesse vitamine D | | | | | On donne vitamine D | | | | |
| 22 Janv. | 5 | 301 | — | 60,000 | — | 3 (1) | 174 | — | 58,000 | 0,065 |
| 11 Fév. | 5 | 360 | 59,000 | 72,000 | 0,590 | 3 | 198 | 24,000 | 66,000 | 0,400 |
| 24 Fév. | 5 | 390 | 30,000 | 78,000 | 0,460 | 3 | 217 | 19,000 | 72,000 | 0,490 |
| 10 Mars | 5 | 446 | 56,000 | 89,000 | 0,800 | 3 | 253 | 36,000 | 84,000 | 0,860 |

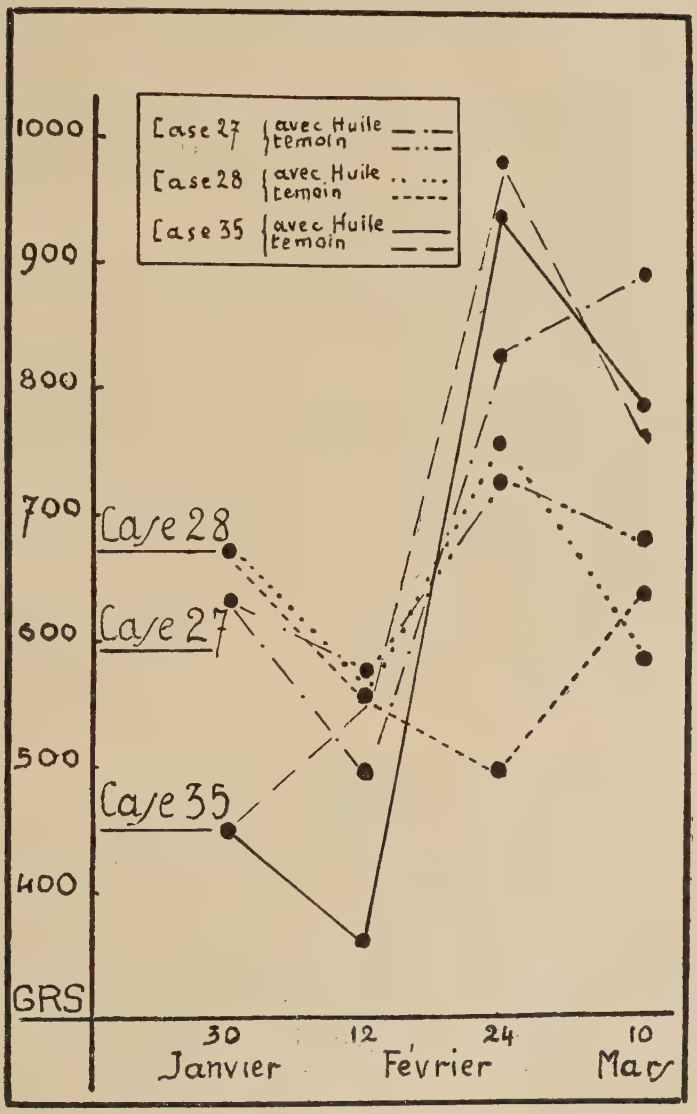
(1) 1 mort le 10 janvier.




GRAPHIQUE 3. — Avec Vitamine D. *Case* 22

TABLEAU IV

| Dates des pesées | Nombre de porcs | Poids total | Gain total | Poids moyen | Gain moy. par jour | Nombre de porcs | Poids total | Gain total | Poids moyen | Gain moy. par jour |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Avec huile de foie de morue** | | | | | **Témoins** | | | | |
| *Case 27.* — Au 8 janvier : 8 porcs. — Poids total : 263 kgs. — Poids moyen : 33 kgs. | | | | | | | | | | |
| 30 Janv. | 4 | 200 | — | 50,000 | **0,630** | 4 | 174 | — | 43,500 | **0,630** |
| 12 Fév. | 4 | 226 | 26,000 | 56,500 | **0,500** | 4 | 204 | 30,000 | 51,000 | **0,575** |
| 24 Fév. | 4 | 268 | 42,000 | 67,000 | **0,830** | 4 | 239 | 35,000 | 60,000 | **0,730** |
| 10 Mars | 4 | 318 | 50,000 | 79,500 | **0,890** | 4 | 277 | 38,000 | 69,000 | **0,680** |
| *Case 28.* — Au 8 janvier : 8 porcs. — Poids total : 276 kgs. — Poids moyen : 34.500. | | | | | | | | | | |
| 30 Janv. | 4 | 202 | — | 50,000 | **0,670** | 4 | 192 | — | 48,000 | **0,670** |
| 12 Fév. | 4 | 231 | 29,000 | 58,000 | **0,560** | 4 | 221 | 29,000 | 55,000 | **0,560** |
| 24 Fév. | 4 | 267 | 36,000 | 67,000 | **0,750** | 4 | 245 | 24,000 | 61,000 | **0,500** |
| 10 Mars | 4 | 300 | 33,000 | 75,000 | **0,590** | 4 | 281 | 36,000 | 70,000 | **0,640** |
| *Case 35.* — Au 8 janvier : 8 porcs. Poids total : 326 kgs. — Poids moyen : 40,500 | | | | | | | | | | |
| 30 Janv. | 4 | 208 | — | 52,000 | **0,455** | 4 | 229 | – | 57,000 | **0,455** |
| 12 Fév. | 4 | 227 | 19,000 | 57,000 | **0,365** | 4 | 258 | 29,000 | 64,500 | **0,560** |
| 24 Fév. | 4 | 272 | 45,000 | 68,000 | **0,940** | 4 | 305 | 47,000 | 76,000 | **0,980** |
| 10 Mars | 4 | 316 | 44,000 | 79,000 | **0,785** | 4 | 348 | 43,000 | 87,000 | **0,770** |




Graphique 4. — Avec Huile de Foie de Morue. *Cases* 27, 28, 35.

sions fâcheuses sur l'engraissement des porcs et a de plus provoqué la mort de plusieurs sujets.

2. *Vitamines A et D associées sous forme d'huile de foie de morue suractivée.* — Les expériences sont faites sur les porcs des cases 27, 28 et 35, comprenant chacune 8 porcs marocains de 50 kg. environ.

Le traitement, commencé le 30 janvier, est terminé le 10 mars, et porte dans chaque case sur 4 porcs qui reçoivent chaque matin deux cuillerées à café (24.000 unités internationales de vitamine A et 6.000 de vitamine D) par porc, d'huile de foie de morue dans une émulsion de lait.

Les pesées sont faites dans les mêmes conditions que précédemment.

Le traitement n'a pas été inversé.

Le tableau IV et le graphique de la page 45 donnent les résultats de la deuxième partie de notre expérimentation.

### 3° Interprétation des résultats

a) *Avec la vitamine D.* — Sans prétendre à des conclusions précises, l'examen des tableaux et graphiques autorise les remarques suivantes : les périodes de traitements alternés de 30 à 40 jours sont trop courtes pour obtenir des accroissements de poids importants ; la contre-épreuve correspondant à la suppression de l'apport vitaminé suit de trop près la période de traitement pour qu'elle puisse faire apparaître des différences sensibles. Il eût été sans doute préférable de soumettre la totalité d'un lot de porcelets au régime vitaminé pendant toute

la durée de l'expérimentation en conservant un nombre égal de témoins soumis au même régime alimentaire sans vitamines chimiques. Mais cette solution n'aurait pas eu l'assentiment du propriétaire qui, connaissant les avantages du régime vitaminé, ne tenait pas à faire perdre à la moitié de son effectif le bénéfice de ce régime.

Dans les conditions de l'expérience, les résultats devaient donc se manifester par la régularité et la permanence de la progression des poids beaucoup plus que par l'intensité de cet accroissement pondéral.

C'est ainsi qu'à part le lot de la case 22 pour lequel les deux épreuves sont quelque peu contradictoires, la moyenne des gains de poids journaliers pour des lots de quatre porcelets est nettement en faveur du régime vitaminé ; elle est exprimée par un accroissement quotidien variant suivant les lots de 133 kg. à 27 kg. pour les moins favorisés.

La moyenne de gain journalier pour chaque sujet varie de 25 à 80 grammes.

b) *Avec l'huile de foie de morue.* — Les résultats sont moins réguliers dans les trois lots traités ; le bénéfice de l'association des vitamines A et D n'apparaît pas aussi net qu'on pouvait le supposer *a priori*, sans doute, parce que les porcelets soumis à ce régime, déjà âgés de 4 à 5 mois, étaient moins susceptibles de bénéficier de l'apport du facteur de croissance que ne l'eussent été des sujets plus jeunes. Dans tous les cas, il ne paraît pas que le renforcement de l'action propre du facteur D à attendre de la présence de la vitamine A, action que certains auteurs ont constatée, notamment chez les volailles, se vérifie chez le porc ; dans cette espèce la vitamine D suf-

fit à elle seule à assurer son rôle dans la fonction calcipexique.

*Il faut noter surtout le ralentissement de l'accroissement pondéral dès que le régime vitaminé est interrompu, et à ce point de vue les contre-épreuves que représentent les arrêts de traitement ont un intérêt indéniable.*

Certes, il eût été intéressant de constater d'autre part, à l'occasion de ces essais, si l'état sanitaire de l'élevage avait bénéficié de cet apport de vitamines chimiques. On sait, en effet, combien chez le jeune animal les infections et intoxications chroniques nuisent à l'absorption des matières minérales et, par réciprocité, combien les troubles nutritifs, quelle que soit leur cause, réagissent sur la résistance des animaux aux infections. Or, chez le porc, il est indiscutable que les carences minérales sont à l'origine de la réceptivité bien connue de cet animal à l'égard des états infectieux et nombre d'auteurs, parmi lesquels Marxer en 1929 et Rossi en 1930, ont démontré ce qu'on peut attendre de la vitamine D pour lui conférer un état de résistance.

Mais, si on ne pouvait songer pour des raisons de convenance à l'égard du propriétaire de l'élevage, à apporter cette preuve en exposant des sujets d'expérience à une contamination microbienne, on a pu constater que pendant les quatre mois qu'a duré l'expérience, l'état sanitaire des animaux traités était parfait et leur vigueur exceptionnelle, les sujets morts pendant ce temps ayant succombé à des accidents congestifs dus aux froids très rigoureux des premiers jours de janvier 1934.

Une dernière réflexion sur l'âge des porcelets soumis à l'expérience : il est certain que les bienfaits du régime vitaminé eussent été plus marqués, si nous avions eu

affaire à des sujets plus jeunes, car c'est au moment où l'alimentation artificielle succède à l'allaitement maternel que le souci d'obtenir un métabolisme phosphocalcique favorable est plus impérieux. Or, des porcelets de 3 à 4 mois ont franchi depuis longtemps ce cap redoutable ! Il est certain qu'une telle expérimentation entreprise depuis le sevrage et prolongée plus longtemps eut été plus démonstrative.

Telle qu'elle a été réalisée cependant et même limitée au porc d'engraissement elle nous paraît garder toute sa signification.

## CONCLUSIONS

1° Les variations des constituants de la ration, nécessitées par le légitime souci d'obtenir l'unité nutritive aux prix les plus bas, ne peuvent être admises chez le porc qu'à la condition de prévoir une bonne utilisation de l'apport minéral et surtout d'assurer un métabolisme phospho-calcique favorable.

2° Dans le cycle des opérations nécessitées par ce métabolisme, un minimum d'apport étant assuré, la proportion du P et du Ca et les conditions de leur absorption étant favorables, c'est de la vitamine D qu'il faut en attendre la fixation dans les tissus.

3° Cette vitamine D, déjà rare dans les aliments naturels, étaient à peu près absente dans l'alimentation de nos animaux d'expérience, la farine n'apportant pas de vitamines liposolubles et le sérum de lait étant privé de la matière grasse qui est le support naturel de la vitamine D. On ne pouvait, d'autre part, compter sur l'action des radiations solaires dans les conditions de l'élevage sédentaire. D'où la nécessité de faire appel à l'actinothérapie indirecte.

4° Dans ce but, nous avons utilisé la vitamine D réalisée par le laboratoire (vitamine D cristallisée en suspension dans l'huile) et une huile de foie de morue suractivée rigoureusement titrée qui devait nous faire bénéficier, au

surplus, d'un apport non négligeable de vitamine A de croissance.

5° Il résulte des essais comparatifs effectués sur cinq lots de porcelets traités à partir du 3e mois :

— que le régime complété par la vitamine D procure une augmentation de poids beaucoup plus sensible que celui privé de cette vitamine ;

— que l'action de la vitamine D se manifeste également par un équilibre nutritif favorable dont témoigne la précocité des animaux traités ;

— que l'association des vitamines A et D réalisée par l'huile de foie de morue ne s'est pas démontrée plus efficace que celle de la vitamine D seule.

Vu :
Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire, rapporteur,
CHELLE.

Vu :
Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire,
SENDRAIL.

Vu : Le Président de la Thèse,
Dr MOOG.

Vu : Le Doyen,
Dr E. BARDIER.

*Vu et permis d'imprimer :*
Toulouse, le 12 Juin 1934.
*Le Recteur, Président du Conseil de l'Université,*
Joseph GHEUSI.

## BIBLIOGRAPHIE


Armand-Delille. — Rôle de la lumière solaire dans la prophylaxie et le traitement du rachitisme. *Presse Médicale*, 17 février 1929, p. 159.

A. Arthus et A. Jedrzejowska. — Parathyroïdectomie et vitamine D. *C. R. Soc. de Biol.*, 2 mai 1931, T. CVII, p. 23.

A. Artus et A. Jedrzejowska. — Parathyroïdectomie et vitamine D. Influence sur le calcium. *C. R. Soc. de Biol.*, 9 mai 1931, T. CVII, p. 107.

Belle. — Recherches sur la croissance des mammifères. *Thèse de Lyon*, 1930.

Ch. Bowskow. — Die Bedentung des Nebenschisddrüsenhormons für die Regulation des Kalkanshalts. *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.*, 1930, CLVII, p. 220.

D. Braun et M^me^ I. Stoyova. — Influence de la réserve alcaline sur la teneur du sérum en calcium et en phosphore. *C. R. Soc. de Biol.*, 18 juillet 1931, p. 154.

L. Brull. — Physiologie et pathologie générale du calcium. *Presse Méd.*, Congrès Liége, 1930, p. 1417.

E. Bulbring. — Uber die Beziehungen zwischen Epithelkörperchen, Calciumstoffwelchses und Knochenwachstum. *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.*, 1931, CLXII, p. 209-248.

Darrou. — L'utilisation des matières minérales dans l'alimentation du porc et la vitamine D. *Revue « Le Porc »*, août-septembre 1931, p. 19.

Darrou. — La Vitaminothérapie. Etat actuel de la question. *Recueil Méd. Vét. Ec. Alfort*, 1933, T. CIX.

E. C. Doods. — Rôle du pancréas dans le rachitisme. *The Brit. Med. Journ.*, 1^er^ avril 1922.

Dorlencourt. — Action du Thorium sur la fixation du phosphore minéral dans l'organisme. *C. R. Soc. de Biol.*, 5 novembre 1927, p. 1282.

Dorlencourt. — Action comparée de l'ingestion de divers sels calciques sur le taux de la calcémie. *C. R. Soc. de Biol.*, 10 décembre 1927, p. 1594.

Fayet. — Rachitisme clinique chez les animaux. *Rev. Path. comp. et Hyg. Gén.*, 10 juillet 1923.

Freudenthal. — Rachitisme expérimental. Etiologie du Rachitisme. *C. R. Soc. de Biol.*, 10 août 1927, T. XCVI, p. 1255.

Fabre et Simonet. — Cholestérine-Rachitisme et rayons ultra-violets. *C. R. Soc. de Biol.*, 20 février 1926, T. XCIV, p. 455.

A. F. Hess. — The antirachitic activation of foods and of cholesterol by ultra violet irradiation. *Journ. Am. Med. Ass.*, 1925, p. 1910.

K. Huldschlinski. — Heilung von Rachitis durch künstliche Höhensonne. *Deuts. Med. Woch.*, 1919, p. 712-713.

H. Kreitmair et Moll. — Hypervitaminose durch grosse Dosen vitam. D. *Münch. Med. Woch.*, 13 avril 1928, p. 637.

R. Lecoq. — Importance de l'équilibre phospho-calcique dans les régimes expérimentaux. *II^e Congrès Path. comp.*, octobre 1931.

R. Lecoq. — Radiations ultra-violettes et vitamines. *Revue Path. comp. et d'Hyg. Gén.*, 1929, p. 63.

E. Lesné et Binet. — Etude physiologique de la croissance. *Traité de physiologie normale et pathologique*, T. XI, p. 402.

E. Lesné et Clément. — Le facteur antirachitique dans les aliments. *VII^e Congrès des Pédiâtres de Langue Française*, octobre 1931.

Lesné, Vagliano et Christou. — Contribution à l'étude du rachitisme expérimental chez le rat. *Rev. Path. comp. et d'Hyg. Gén.*, 10 juillet 1923, p. 561.

Levaditi et Li Yuan Po. — Etude expérimentale de la calcification des lésions tuberculeuses sous l'influence de l'ergostérine irradiée. *Presse Méd.*, 17 décembre 1930, p. 1720.

Levaditi et Li Yuan Po. — Etude expérimentale de l'ergostérol irradié. *Presse Méd.*, 5 février 1930, p. 168.

Maignon. — Conception nouvelle sur la pathogénie du rachitisme. *Rev. Path. comp. et d'Hyg. Gén.*, 13 novembre 1923.

Maignon. — Les maladies par carence. *Rev. Méd. Vét.*, novembre 1931.

Marcenac. — Dystrophies osseuses. *Cah. Méd. Vét.*, juin 1932, p. 209.

A. B. Marfan. — Mode d'action de l'ergostérol irradié dans le rachi-

tisme. Remarques sur la pathogénie du rachitisme. *Presse Méd.*, 8 juin 1929, p. 749.

A. Marxer. — De quelques formes du rachitisme chez les animaux dépistées par l'examen biochimique du métabolisme minéral. *Bull. Soc. Vét. Prat. de France*, juin 1929.

R. Monod. — Orientation actuelle des recherches sur l'étiologie et le traitement du rachitisme. *Thèse Paris*, 1931.

Mouriquand. — Dystrophies inapparentes. *Presse Méd.*, 19 septembre 1931, p. 1373.

Mouriquand, Leulier, Bernheim et Schoen. — Recherches sur les fixateurs du calcium. *Presse Méd.*, 18 février 1928, p. 209.

Mouriquand, Leulier, Bernheim et Mlle Weil. — Le calcium décalcificateur et la nécessité d'un fixateur à la médication calcique. *Soc. Méd. des Hôp. de Lyon*, 10 novembre 1931.

Mouriquand, Leulier, Bernheim et Mlle Weil. — Recherches sur les anti-fixateurs du calcium. *Presse Méd.* 27 mai 1931, p. 769.

Mouriquand, Leulier. — Le métabolisme et les fixateurs du calcium chez l'enfant. *Presse Méd. Congrès Liége*, 1930, p. 1417.

Pagniez. — L'état actuel du problème des vitamines. *Presse Méd.*, 12 septembre 1928, p. 1582.

Pagniez. — L'emploi de la vitamine A comme agent anti-infectieux. *Presse Méd.*, 28 août 1929, p. 1123.

C. R. H. Rabl. — Organ Verkälkung unter dem Einfluss von vitamin D. *Deuts. Med. Woch.*, 11 janvier 1923, T. LV, p. 63-64.

Mme Randoin et H. Simonet. — Les données et les inconnues du problème alimentaire. La question des vitamines. *Les Presses Universitaires*, Paris 1927.

Mme Randoin et H. Simonet. — Carences et déséquilibres minéraux. *IIe Cong. Intern. de Path. comp.*, octobre 1931.

Reding et A. Slosse. — Influence de la parathyroïde sur le mécanisme de l'équilibre acide base. *C. R. Soc. de Biol.*, 3 décembre 1927, p. 1812.

P. Rohmer, Mme G.-Ph. Bellocq et Villemin Clog. — Action combinée des vitamines A et D dans le rachitisme expérimental. *C. R. Soc. Biol.*, 10 juillet 1931, p. 27.

Rossi. — Propriété anti-infectieuse de l'ergostérol irradié. — Son emploi dans le traitement de la diarrhée des veaux. *Rec. Méd. Vét.*, janvier 1931, p. 34.

Rossi. — Traitement de la septicémie des veaux et des entérites du jeune âge par l'ergostérol irradié. *Rev. Path. comp. et d'Hyg. Gén.*, janvier 1933.

Rossi. — Contribution à l'étude des carences alimentaires chez le porc. *Rev. Gén. Méd. Vét.*, 25 février 1927.

R. Sœur. — Etude expérimentale de l'os dans l'intoxication par l'ergostérol irradié. *Presse Méd.*, 4 juillet 1931, p. 1003.

Simonet. — L'alimentation minérale. *Revue Zootechnique*, n$^{os}$ 6, 7, 8, 1930.

Simonet. — Vue d'ensemble sur le problème alimentaire. *Revue Alfort*, 1930.

A. Thiroux. — Vitamines et Avitaminoses. *Biologie Médicale*, janvier 1934.

M. P. Weil et O. Guillaumin. — Le calcium. Le Métabolisme normal et ses perversions. *Rev. Path. comp. et d'Hyg. Gén.*, 12 juin 1923, p. 240.

M. P. Weil et O. Guillaumin. — La calcémie. *Presse Méd. Congrès Liége*, 1930, p. 1418.

Wolf. — Hormones et vitamines. *Presse Méd.*, 9 septembre 1933.

# TABLE DES MATIÈRES


INTRODUCTION ..... 9

I. *Le Phosphore et le Calcium. Leur Rôle dans l'organisme* .. 11

II. *Les bases de l'alimentation phospho-calcique du porc en croissance* ..... 14

III. *Influence de la Vitamine D sur la croissance du porc dans les conditions de l'élevage.*

A. La Vitamine D. Ses Sources ..... 25

B. Expérimentation ..... 33

CONCLUSIONS ..... 51

BIBLIOGRAPHIE ..... 53

Imprimerie Saint-Denis — Niort